

# Estruturas de Dados e Algoritmos

## Listas Encadeadas

**Prof. Edson Alves - UnB/FGA**

Brasília, 02/2013

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento  
do início da lista

Remoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Listas Encadeadas

Inserção

Remoção

EDA

Edson

## Listas Encadeadas

### Inserção

Inserção no início da lista  
Inserção no final da lista

### Remoção

Remoção de um elemento  
do início da lista  
Remoção de um elemento  
no final da lista  
Caso geral

# Definição

- ▶ Uma **lista encadeada**, ou simplesmente **lista**, é uma estrutura composta por **nós**, onde cada nó tem uma **informação** e um **ponteiro** para o próximo elemento da lista

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento  
do início da lista

Remoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Definição

- ▶ Uma **lista encadeada**, ou simplesmente **lista**, é uma estrutura composta por **nós**, onde cada nó tem uma **informação** e um **ponteiro** para o próximo elemento da lista
- ▶ Conhecido o **primeiro** elemento da lista (*head*), é possível acessar os demais elementos

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento  
do início da lista

Remoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Definição

- ▶ Uma **lista encadeada**, ou simplesmente **lista**, é uma estrutura composta por **nós**, onde cada nó tem uma **informação** e um **ponteiro** para o próximo elemento da lista
- ▶ Conhecido o **primeiro** elemento da lista (*head*), é possível acessar os demais elementos
- ▶ Uma lista é uma estrutura de dados **linear**

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

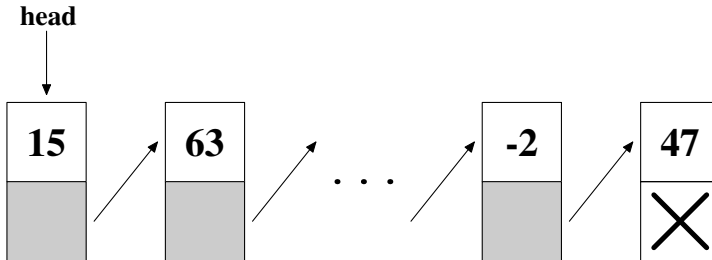
Remoção

Remoção de um elemento  
do início da lista

Remoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Lista encadeada



EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento  
do início da lista

Remoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Alternativa aos vetores

- ▶ As listas encadeadas constituem uma **alternativa** aos vetores, trocando a vantagem do **acesso aleatório imediato** dos vetores pela **inserção e remoção rápidas** das listas encadeadas

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento  
do início da lista

Remoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Alternativa aos vetores

- ▶ As listas encadeadas constituem uma **alternativa** aos vetores, trocando a vantagem do **acesso aleatório imediato** dos vetores pela **inserção e remoção rápidas** das listas encadeadas
- ▶ Por conta de sua **estrutura de nós**, o acesso aleatório das listas encadeadas tem complexidade  $O(n)$

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento  
do início da lista

Remoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral



# Exercício

1. No código *intnode.h*, **estude** a implementação do nó de uma lista encadeada. Esta estrutura representa também uma **lista encadeada**?

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento  
do início da lista

Remoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Exercício

1. No código *intnode.h*, **estude** a implementação do nó de uma lista encadeada. Esta estrutura representa também uma **lista encadeada**?
2. No arquivo *nodes\_creation.c*, localize a criação dos nós. Como é feita a **referência** entre eles?

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento  
do início da lista

Remoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Exercício

1. No código *intnode.h*, **estude** a implementação do nó de uma lista encadeada. Esta estrutura representa também uma **lista encadeada**?
2. No arquivo *nodes\_creation.c*, localize a criação dos nós. Como é feita a **referência** entre eles?
3. **Compile** e **execute** o programa gerado por estes dois arquivos

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento  
do início da lista

Remoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Notas sobre listas encadeadas

- ▶ O campo *info* contém a **informação** armazenada no nó

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento  
do início da lista

Remoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Notas sobre listas encadeadas

- ▶ O campo *info* contém a **informação** armazenada no nó
- ▶ O campo *next* contém um ponteiro para o **próximo** elemento da lista

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento  
do início da lista

Remoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Notas sobre listas encadeadas

- ▶ O campo *info* contém a **informação** armazenada no nó
- ▶ O campo *next* contém um ponteiro para o **próximo** elemento da lista
- ▶ O **final** da lista é indicado por um nó cujo campo *next* é **nulo**

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento  
do início da lista

Remoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Listas Encadeadas

## Inserção

## Remoção

EDA

Edson

Listas Encadeadas

**Inserção**

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

**Remoção**

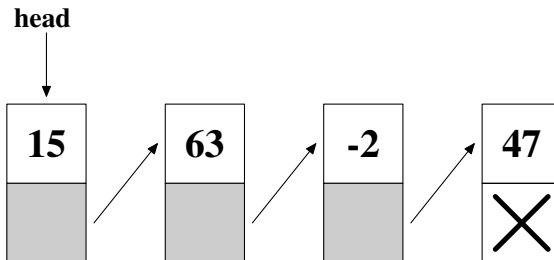
Remoção de um elemento  
do início da lista

Remoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Inserção no início da lista

Elemento a ser **inserido**: 86



EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento  
do início da lista

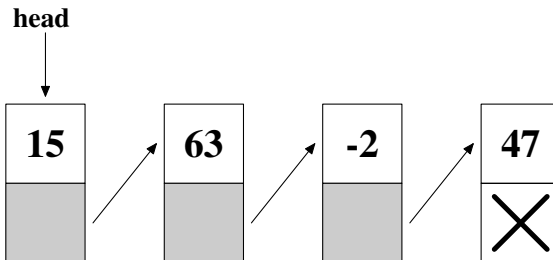
Remoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral



# Inserção no início da lista

**Passo 01:** criar um novo nó



EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

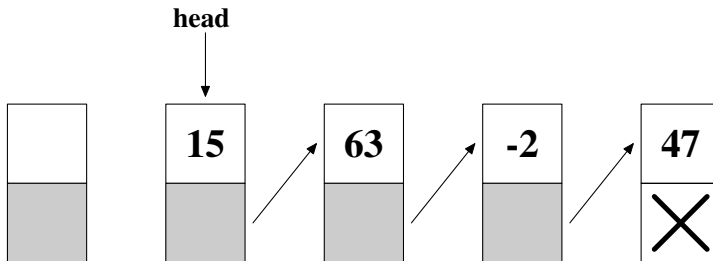
Remoção

Remoção de um elemento  
do início da listaRemoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Inserção no início da lista

**Passo 01:** criar um novo nó



EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

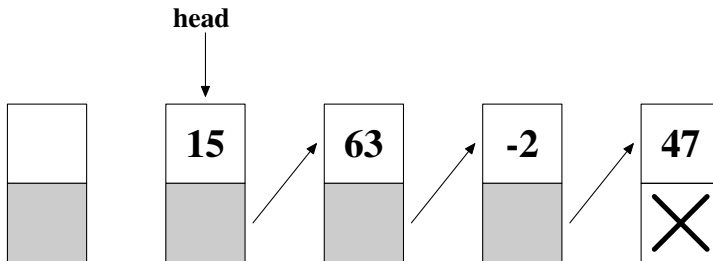
Remoção de um elemento  
do início da lista

Remoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Inserção no início da lista

**Passo 02:** preencher o campo *info*



EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

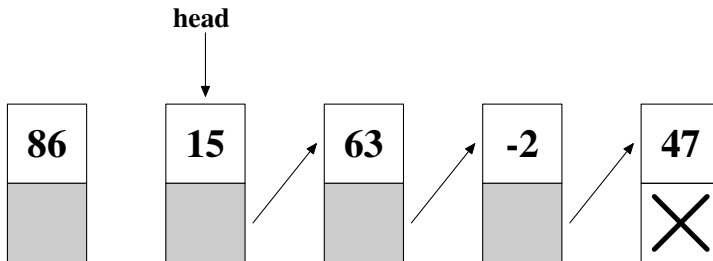
Remoção

Remoção de um elemento  
do início da listaRemoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Inserção no início da lista

**Passo 02:** preencher o campo *info*



EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

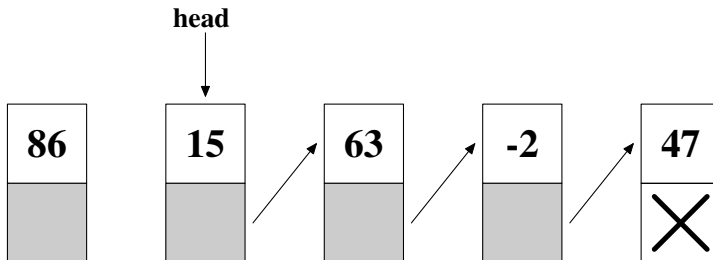
Remoção

Remoção de um elemento  
do início da listaRemoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Inserção no início da lista

**Passo 03:** apontar *next* para o primeiro elemento



EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

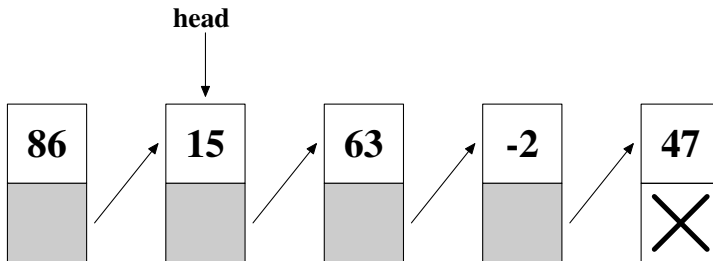
Remoção

Remoção de um elemento  
do início da listaRemoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Inserção no início da lista

**Passo 03:** apontar *next* para o primeiro elemento



EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

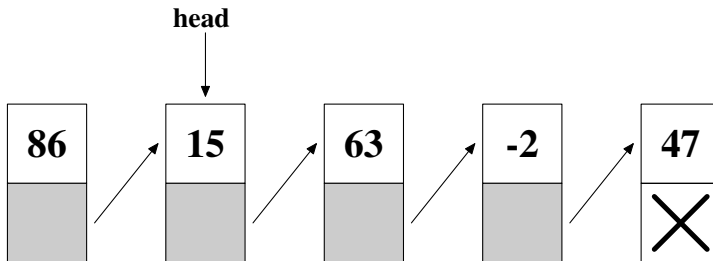
Remoção

Remoção de um elemento  
do início da listaRemoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Inserção no início da lista

**Passo 04:** apontar *head* para o novo elemento



EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

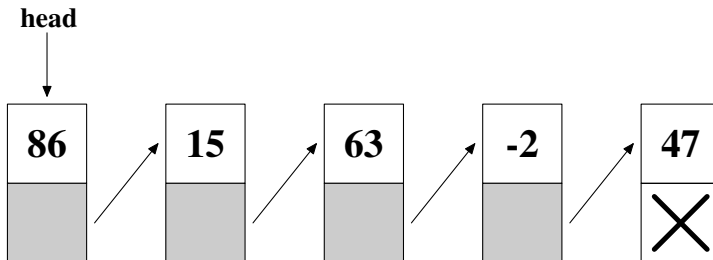
Remoção

Remoção de um elemento  
do início da listaRemoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Inserção no início da lista

**Passo 04:** apontar *head* para o novo elemento



EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento  
do início da listaRemoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral



# Exercício

1. No arquivo *intlist.h*, identifique a estrutura que representat uma **lista encadeada**. Qual é a relação dela com um **nó**?

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento  
do início da lista

Remoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Exercício

1. No arquivo *intlist.h*, identifique a estrutura que representat uma **lista encadeada**. Qual é a relação dela com um **nó**?
2. No arquivo **intlist.c**, **aponte** os quatro passos da inserção no início na função *push()*

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento  
do início da listaRemoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Exercício

1. No arquivo *intlist.h*, identifique a estrutura que representat uma **lista encadeada**. Qual é a relação dela com um **nó**?
2. No arquivo **intlist.c**, **aponte** os quatro passos da inserção no início na função *push()*
3. **Gere** o programa a partir dos arquivos *intlist.h*, *intlist.c* e *testintlist.c*

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento  
do início da listaRemoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Exercício

1. No arquivo *intlist.h*, identifique a estrutura que representat uma **lista encadeada**. Qual é a relação dela com um **nó**?
2. No arquivo **intlist.c**, **aponte** os quatro passos da inserção no início na função *push()*
3. **Gere** o programa a partir dos arquivos *intlist.h*, *intlist.c* e *testintlist.c*
4. **Execute** o programa com as entradas 1, 2, 3, 4, 5. A saída está em que **ordenação**?

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento  
do início da listaRemoção de um elemento  
no final da lista  
Caso geral

# Notas sobre a inserção no início da lista

- ▶ A **ordem de complexidade** da inserção no início é  $O(1)$

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento do início da lista

Remoção de um elemento no final da lista

Caso geral

# Notas sobre a inserção no início da lista

- ▶ A **ordem de complexidade** da inserção no início é  $O(1)$
- ▶ O **novo elemento** torna-se o novo *head* da lista

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento  
do início da lista

Remoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Notas sobre a inserção no início da lista

- ▶ A **ordem de complexidade** da inserção no início é  $O(1)$
- ▶ O **novo elemento** torna-se o novo *head* da lista
- ▶ O algoritmo é **o mesmo** para o caso onde a lista está **vazia**

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

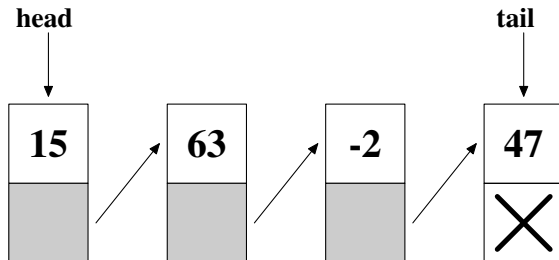
Remoção de um elemento  
do início da lista

Remoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Inserção no final da lista

Elemento a ser **inserido**: 78



EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento  
do início da lista

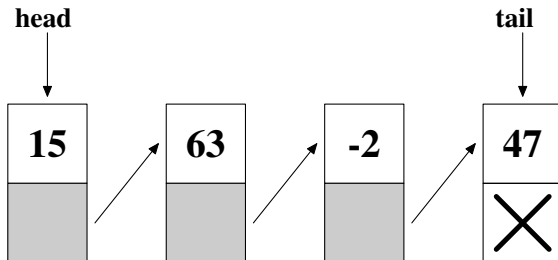
Remoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral



# Inserção no final da lista

## Passo 01: Criar um novo nó



EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

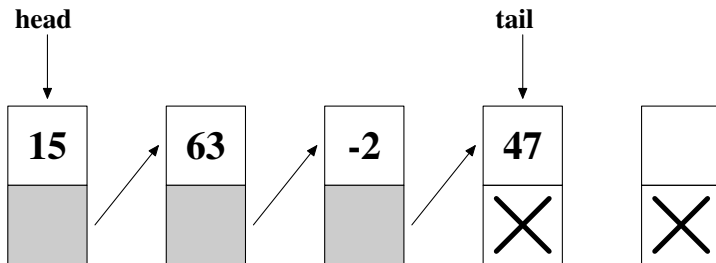
Remoção

Remoção de um elemento  
do início da listaRemoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Inserção no final da lista

## Passo 01: Criar um novo nó



EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

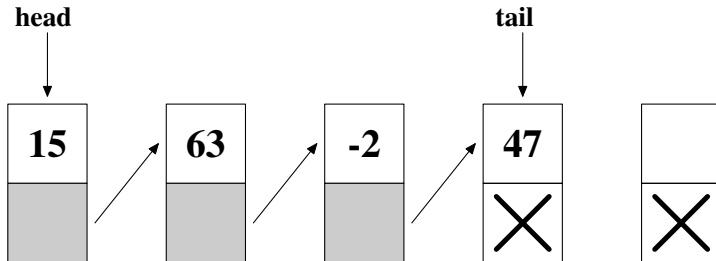
Remoção

Remoção de um elemento  
do início da listaRemoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Inserção no final da lista

## Passo 02: Preencher o campo *info*



EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

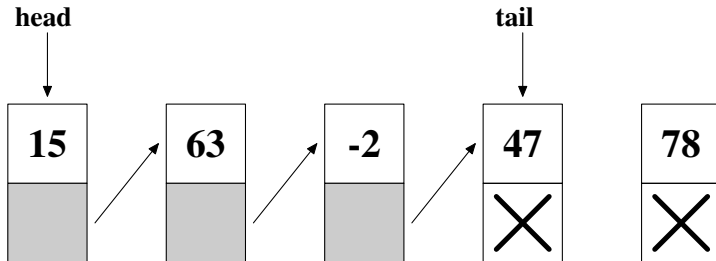
Remoção

Remoção de um elemento  
do início da listaRemoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Inserção no final da lista

## Passo 02: Preencher o campo *info*



EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

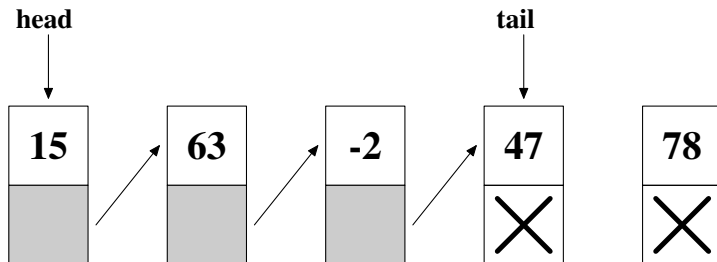
Remoção

Remoção de um elemento  
do início da listaRemoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Inserção no final da lista

**Passo 03:** Apontar *next* de *tail* para o novo elemento



EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

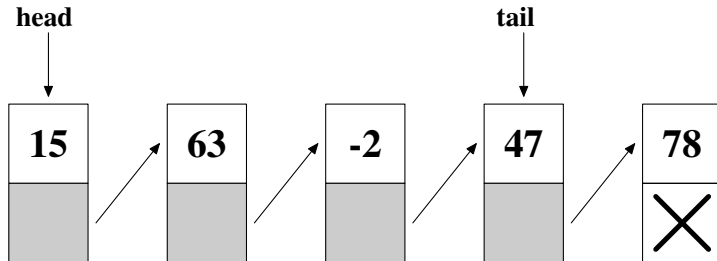
Remoção

Remoção de um elemento  
do início da listaRemoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Inserção no final da lista

**Passo 03:** Apontar *next* de *tail* para o novo elemento



EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

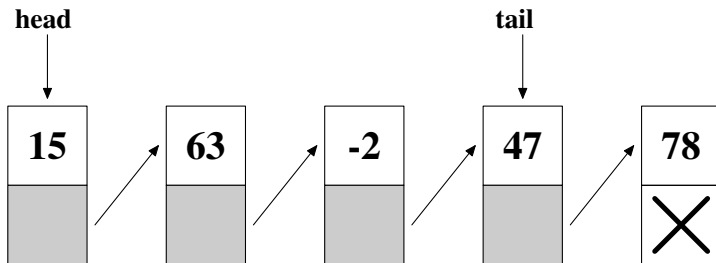
Remoção

Remoção de um elemento  
do início da listaRemoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Inserção no final da lista

**Passo 04:** Apontar *tail* para o novo elemento



EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

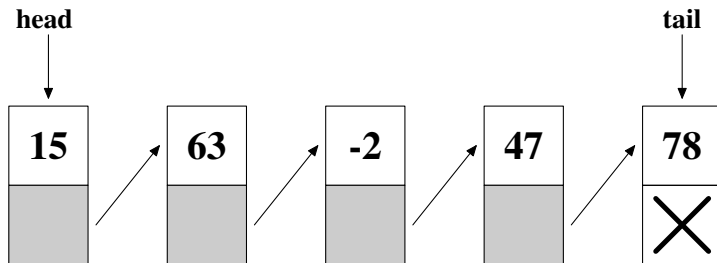
Remoção

Remoção de um elemento  
do início da listaRemoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Inserção no final da lista

**Passo 04:** Apontar *tail* para o novo elemento



EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento  
do início da listaRemoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral



# Exercício

1. **Compare** os arquivos *intlist.h* e *intlist2.h*. Qual a **diferença** entre as estruturas que representam as listas encadeadas?

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento  
do início da lista

Remoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Exercício

1. **Compare** os arquivos *intlist.h* e *intlist2.h*. Qual a **diferença** entre as estruturas que representam as listas encadeadas?
2. **Estude** o caso especial de lista **vazia** em ambas **inserções**: o que acontece em cada caso?

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento  
do início da lista

Remoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Exercício

1. **Compare** os arquivos *intlist.h* e *intlist2.h*. Qual a **diferença** entre as estruturas que representam as listas encadeadas?
2. **Estude** o caso especial de lista **vazia** em ambas **inserções**: o que acontece em cada caso?
3. **Gere** o programa a partir dos arquivos *intlist2.h*, *intlist2.c* e *testintlist2.c*

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento  
do início da listaRemoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Exercício

1. **Compare** os arquivos *intlist.h* e *intlist2.h*. Qual a **diferença** entre as estruturas que representam as listas encadeadas?
2. **Estude** o caso especial de lista **vazia** em ambas **inserções**: o que acontece em cada caso?
3. **Gere** o programa a partir dos arquivos *intlist2.h*, *intlist2.c* e *testintlist2.c*
4. **Execute** o programa, e insira os elementos 1 e 2 no **início** e o elemento 3 no **final**. Como fica a **saída** do programa?

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento  
do início da listaRemoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Notas sobre a inserção no final da lista

- ▶ A **ordem de complexidade** da inserção no final é  $O(1)$

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento  
do início da lista

Remoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Notas sobre a inserção no final da lista

- ▶ A **ordem de complexidade** da inserção no final é  $O(1)$
- ▶ Sem o ponteiro *tail*, a inserção no final da lista teria complexidade  $O(n)$ , pois seria necessário primeiramente **localizar** o último elemento da lista

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento  
do início da lista

Remoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Notas sobre a inserção no final da lista

- ▶ A **ordem de complexidade** da inserção no final é  $O(1)$
- ▶ Sem o ponteiro *tail*, a inserção no final da lista teria complexidade  $O(n)$ , pois seria necessário primeiramente **localizar** o último elemento da lista
- ▶ O **novo elemento** torna-se o novo *tail* da lista

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento  
do início da listaRemoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Notas sobre a inserção no final da lista

- ▶ A **ordem de complexidade** da inserção no final é  $O(1)$
- ▶ Sem o ponteiro *tail*, a inserção no final da lista teria complexidade  $O(n)$ , pois seria necessário primeiramente **localizar** o último elemento da lista
- ▶ O **novo elemento** torna-se o novo *tail* da lista
- ▶ Ambas inserções (**início** e **final**) passam a ter que tratar o caso especial de lista **vazia**, a partir da inserção de *tail*

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento  
do início da listaRemoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral



# Listas Encadeadas

## Inserção

## Remoção

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento  
do início da lista

Remoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Remoção de um elemento do início da lista

1. *head* é armazenado em uma variável **temporária**

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento  
do início da lista

Remoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Remoção de um elemento do início da lista

1. *head* é armazenado em uma variável **temporária**
2. *head* aponta para o **próximo** elemento da lista (o campo *next* de *head*)

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento do início da lista

Remoção de um elemento no final da lista

Caso geral

# Remoção de um elemento do início da lista

1. *head* é armazenado em uma variável **temporária**
2. *head* aponta para o **próximo** elemento da lista (o campo *next* de *head*)
3. A variável temporária é **deletada**

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento do início da lista

Remoção de um elemento no final da lista

Caso geral

# Remoção de um elemento do início da lista

1. *head* é armazenado em uma variável **temporária**
2. *head* aponta para o **próximo** elemento da lista (o campo *next* de *head*)
3. A variável temporária é **deletada**

A **ordem de complexidade** é  $O(1)$

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento do início da lista

Remoção de um elemento no final da lista

Caso geral

# Casos especiais - Lista vazia

Como indicar ao usuário que não há elemento na lista?

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento  
do início da lista

Remoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Casos especiais - Lista vazia

Como indicar ao usuário que não há elemento na lista?

- ▶ assertativas

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento  
do início da lista

Remoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Casos especiais - Lista vazia

Como indicar ao usuário que não há elemento na lista?

- ▶ assertativas
- ▶ exceções

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento  
do início da lista

Remoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral



# Casos especiais - Lista vazia

Como indicar ao usuário que não há elemento na lista?

- ▶ assertativas
- ▶ exceções
- ▶ tratamento interno

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento  
do início da lista

Remoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Casos especiais - Lista vazia

Como indicar ao usuário que não há elemento na lista?

- ▶ assertativas
- ▶ exceções
- ▶ tratamento interno
- ▶ tratamento a cargo do usuário

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento  
do início da lista

Remoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Casos especiais - Lista vazia

Como indicar ao usuário que não há elemento na lista?

- ▶ assertativas
- ▶ exceções
- ▶ tratamento interno
- ▶ tratamento a cargo do usuário
- ▶ ponteiros

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento  
do início da lista

Remoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Casos especiais - Lista com um único elemento

Deve acontecer um quarto passo no algoritmo:

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento  
do início da lista

Remoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Casos especiais - Lista com um único elemento

Deve acontecer um quarto passo no algoritmo:

4. é atribuído o valor **nulo** ao ponteiro *tail*

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento  
do início da lista

Remoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Remoção de um elemento no final da lista

- ▶ Primeiro é necessário **localizar** o elemento que antecede *tail*

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento do início da lista

Remoção de um elemento no final da lista

Caso geral

# Remoção de um elemento no final da lista

- ▶ Primeiro é necessário **localizar** o elemento que antecede *tail*
- ▶ Em seguida, o processo é **semelhante** a remoção de um elemento no início da lista

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento do início da lista

Remoção de um elemento no final da lista

Caso geral

# Remoção de um elemento no final da lista

- ▶ Primeiro é necessário **localizar** o elemento que antecede *tail*
- ▶ Em seguida, o processo é **semelhante** a remoção de um elemento no início da lista
- ▶ A **ordem de complexidade** é  $O(n)$

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento do início da lista

Remoção de um elemento no final da lista

Caso geral



# Remoção de um elemento no final da lista

- ▶ Primeiro é necessário **localizar** o elemento que antecede *tail*
- ▶ Em seguida, o processo é **semelhante** a remoção de um elemento no início da lista
- ▶ A **ordem de complexidade** é  $O(n)$
- ▶ Mesmos casos especiais da remoção de um elemento no **início** da lista

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento do início da lista

Remoção de um elemento no final da lista

Caso geral

# Exercício

1. No arquivo *intlist3.h*, localize as **declarações** das funções *pop\_front()* e *pop\_back()*

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento  
do início da lista

Remoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Exercício

1. No arquivo *intlist3.h*, localize as **declarações** das funções *pop\_front()* e *pop\_back()*
2. **Estude** as implementações destas funções no arquivo *intlist3.c*. **Aponte** os passos dos algoritmos e os casos especiais

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento  
do início da listaRemoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Exercício

1. No arquivo *intlist3.h*, localize as **declarações** das funções *pop\_front()* e *pop\_back()*
2. **Estude** as implementações destas funções no arquivo *intlist3.c*. **Aponte** os passos dos algoritmos e os casos especiais
3. **Gere** o programa a partir dos arquivos *intlist3.h*, *intlist3.c* e *testintlist3.c*

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento  
do início da listaRemoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Exercício

1. No arquivo *intlist3.h*, localize as **declarações** das funções *pop\_front()* e *pop\_back()*
2. **Estude** as implementações destas funções no arquivo *intlist3.c*. **Aponte** os passos dos algoritmos e os casos especiais
3. **Gere** o programa a partir dos arquivos *intlist3.h*, *intlist3.c* e *testintlist3.c*
4. **Execute** o programa, removendo todos os elementos utilizando **ambas remoções**. O que acontece quando a lista está **vazia**?

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento  
do início da listaRemoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Remoção: Caso geral

- ▶ Primeiramente deve ser localizado o elemento a **ser excluído** e seu **antecessor**

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento  
do início da lista

Remoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Remoção: Caso geral

- ▶ Primeiramente deve ser localizado o elemento a **ser excluído** e seu **antecessor**
- ▶ O campo *next* do antecessor deve apontar para o **elemento apontado** pelo campo *next* do elemento a ser **excluído**

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento  
do início da lista

Remoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Remoção: Caso geral

- ▶ Primeiramente deve ser localizado o elemento a **ser excluído** e seu **antecessor**
- ▶ O campo *next* do antecessor deve apontar para o **elemento apontado** pelo campo *next* do elemento a ser **excluído**
- ▶ O elemento deve ser então **deletado**

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento  
do início da lista

Remoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral



# Casos especiais

1. *Lista vazia*: o retorno deve ser **imediato**, com o devido **tratamento de erro**

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento  
do início da lista

Remoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Casos especiais

1. *Lista vazia*: o retorno deve ser **imediato**, com o devido **tratamento de erro**
2. *Lista com um único elemento*: os ponteiros *head* e *tail* devem receber o valor **nulo** ao final da remoção da remoção

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento  
do início da lista

Remoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Casos especiais

1. *Lista vazia*: o retorno deve ser **imediato**, com o devido **tratamento de erro**
2. *Lista com um único elemento*: os ponteiros *head* e *tail* devem receber o valor **nulo** ao final da remoção da remoção
3. *Remoção do primeiro termo de um lista de, no mínimo, dois elementos*: o ponteiro *head* deve ser atualizado após a remoção, apontando para o **mesmo elemento** apontado pelo campo *next* de *head*

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento  
do início da listaRemoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Casos especiais

4. *Remoção do último elemento de uma lista de, no mínimo, dois elementos:* o ponteiro *tail* deve ser atualizado após a remoção, apontando para o **antecessor** do elemento que foi excluído

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento  
do início da lista

Remoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Casos especiais

4. *Remoção do último elemento de uma lista de, no mínimo, dois elementos:* o ponteiro *tail* deve ser atualizado após a remoção, apontando para o **antecessor** do elemento que foi excluído
5. *Tentativa de exclusão de um elemento inexistente:* esta situação deve ser indicada pelo tratamento de erro **escolhido**

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento  
do início da lista

Remoção de um elemento  
no final da lista

Caso geral

# Ordem de complexidade da remoção

Melhor caso: o nó a ser excluído é o **primeiro nó**.  
Ordem de complexidade:  $O(1)$

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento do início da lista

Remoção de um elemento no final da lista

Caso geral

# Ordem de complexidade da remoção

**Melhor caso:** o nó a ser excluído é o **primeiro nó**.  
Ordem de complexidade:  $O(1)$

**Pior caso:** o nó a ser excluído é o **último nó** ou **não consta** na lista. Ordem de complexidade:  $O(n)$

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento do início da lista

Remoção de um elemento no final da lista

Caso geral

# Ordem de complexidade da remoção

**Melhor caso:** o nó a ser excluído é o **primeiro nó**.  
Ordem de complexidade:  $O(1)$

**Pior caso:** o nó a ser excluído é o **último nó** ou **não consta** na lista. Ordem de complexidade:  $O(n)$

**Caso médio:** o elemento a ser excluído tem probabilidade **uniforme** de se encontrar em qualquer posição da lista. Ordem de complexidade:  $O(n)$ , com  $f(n) = (n - 1)/2$

EDA

Edson

Listas Encadeadas

Inserção

Inserção no início da lista

Inserção no final da lista

Remoção

Remoção de um elemento do início da lista

Remoção de um elemento no final da lista

Caso geral